

УДК 613.6 + 632.934: 001.5

© В.С. Пуць, к.т.н., О.Д. Клименко, к.т.н., В.Л. Мартинюк, к.т.н.
Луцький національний технічний університет

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВІДРИВУ СТЕБЕЛ ВІД ПАСА

У статті наведені результати теоретичних досліджень процесу розпушування стрічки льону з метою ефективного її підрівнювання.

ЛЬОН-ДОВГУНЕЦЬ, МОДЕЛЮВАННЯ, ТРАНСПОРТЕР, ПАС, КУЛАЧКОВИЙ МЕХАНІЗМ, ПІДРІВНЮВАННЯ.

Постановка проблеми. Історичний досвід і традиції розвитку галузі льонарства підтверджують, що вона може бути відроджена лише у випадку реалізації підвищених вимог до показників якості продукції на основі більш широкого використання техніко-технологічних новацій, спрямованих на розробку нових та вдосконалення існуючих машин. Складовим елементом цього процесу є розробка нових технологічних рішень і технічних засобів для збирання льону-довгунця на всіх етапах його виробництва.

Проблема недостатньої якості стеблової стрічки, і, як наслідок, сформованих паковок формується на декількох етапах. По-перше, наявні розстилальні пристрої льонокомбайнів недостатньо якісно виконують процес розстилання стрічки стебел на льоновищі. Розстелені ними стеблові стрічки мають високі значення відносної розтягнутості та перекосу стебел, а також є нерівномірними за товщиною і містять розриви. Отже, ляна стрічка, що розстеляється на полі для вилежування під час збирання льону льонокомбайном або льонобралкою вже має деяку початкову розтягнутість. Значна розтягнутість стеблових стрічок унеможливорює швидке і своєчасне механізоване їх піднімання та є однією з основних причин зниження якості отриманої льоносировини. По-друге, в процесі вилежування треста потребує ворущіння та перевертання. Виконання цих операцій супроводжується подальшим збільшенням розтягнутості. І, зрештою, під час підбору льонотрести підбирачами розтягнутість стрічки льону ще дещо збільшується, що дає високий показник розтягнутості паковок у вигляді машинних рулонів, і, як наслідок, зменшення виходу довгого волокна.

Отже, операцію підрівнювання доцільно виконувати на одному з заключних етапів, тобто безпосередньо перед формуванням рулонів,

що забезпечується встановленням пристрою для підрівнювання стебел льону на підбираючому транспортері прес-підбирача.

Аналіз останніх досліджень. Аналіз науково-методичних засад процесу підрівнювання стрічки льону та технічних засобів для його реалізації показав їхню низьку ефективність: стрічка має високі значення перекосу, прослідковується пошкодження стебел та незначне зменшення розтягнутості. Зменшення розтягнутості та перекосу стебел можливе завдяки застосуванню багатоопераційного процесу підрівнювання стрічки, який передбачає одночасне здійснення операцій транспортування, струшування (розпушування) та підбивання стебел льону. З метою зменшення розтягнутості та кривизни стрічки льону під час підбору на базі Луцького НТУ розроблено спеціальний пристрій для її підрівнювання. Основні робочі органи цього пристрою:

- пасовий транспортер з напрямними для підбору і транспортування стрічки льону на наступний робочий орган;
- кулачковий механізм подвійної дії для струшування пасів;
- механізм підрівнювання стрічки (підбійка) двосторонньої дії (для очісаних стебел).

У розробленому пристрої, встановленому на льонопідбирачі, теоретично та експериментально обґрунтовані конструктивна схема та основні кінематичні параметри механізмів, проведено дослідження процесів транспортування, підкидання та підрівнювання стебел. Однак, теоретичні та експериментальні дослідження з метою узгодження параметрів та режимів роботи зазначених механізмів виконані недостатньо.

Мета дослідження - теоретичне обґрунтування умов ефективного розпушування стебelloвої стрічки кулачковим механізмом подвійної дії під час руху по похилому транспортері, яке необхідне для подальшого їх підрівнювання відповідним робочим органом (підбійкою).

Результати досліджень. Будь-яка сільськогосподарська машина являє собою складну механічну систему. Теоретичний аналіз динаміки сільгоспмашин з врахуванням всіх особливостей їх функціонування досить складний, тому в практиці розрахунків використовують найпростіші кінцевомірні моделі. Як показує досвід, використання таких моделей приносить набагато більше користі, ніж більш складних багатоваріантних моделей (систем). Для теоретичного аналізу процесу відриву стебел від поверхонь пасів виконаємо моделювання системи пасовий транспортер – стебла льону.

Відрив стебел від поверхонь пасів транспортера необхідний для забезпечення ефективної роботи підбійок з метою порушення зв'язків

між стеблами, тобто для розпушування стрічки льону. Відрив забезпечується тим, що під пасами встановлені кулачки, які, обертаючись, періодично ударяють знизу по пасах зі стеблами і створюють таким чином умови для відриву стебел.

Слід зауважити, що стебла, з яких сформована стрічка можуть розташовуватись за однією з трьох схем (рис. 1) – схеми I, II, III [1].

Аналіз явищ, що мають місце під час удару кулачка об стрічку рухомого транспортера, доволі складний. Ударна сила через стебла нижнього ряду буде передаватись сусіднім та верхнім стеблам. Причому, напрямок сили удару буде залежати від схеми їхнього взаємного розташування. На напрямок і величину швидкості підйому (польоту) будуть впливати не лише величина ударної сили, а й наявність сил тертя між стеблами, які впливають на величину тангенціальних складових швидкості стебел після струшування.

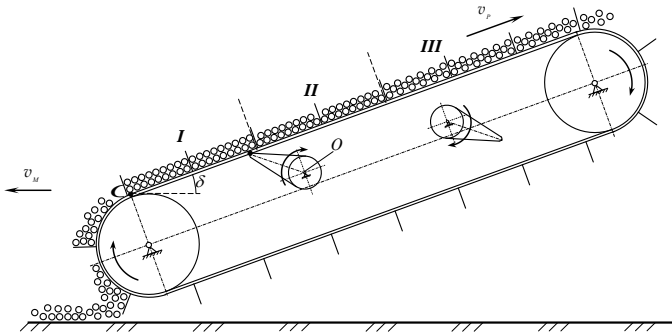
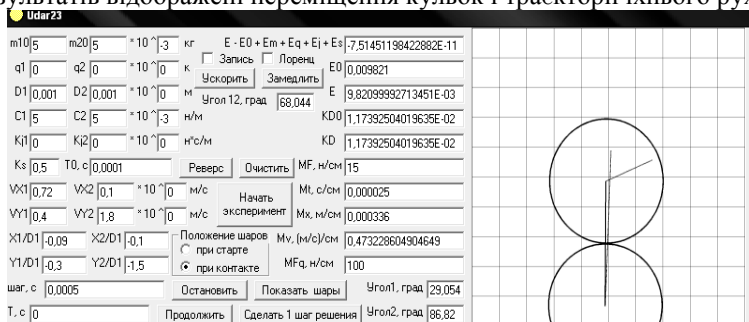


Рис. 1. – Схема транспортера для підйому стебел з поверхні поля і транспортування з метою їх підрівнювання при різних варіантах (I, II, III) укладання стебел у стрічку

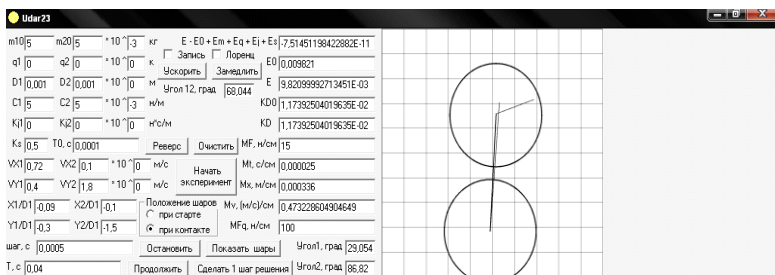
Як відомо з теорії удару, наявність тангенціальних складових веде до виникнення обертання тіл відносно вісі, що проходить через центр мас. Враховуючи складність процесу, був змодельований рух стебел після струшування, припускаючи, що стрічка містить два шари стебел. Початкові контакти кульок (які є моделлю стебел) відповідають наведеним на рис. 1 схемам укладання.

З ціллю визначення імовірних траєкторій руху стебел був виконаний обчислювальний експеримент, який виконувався за допомогою прикладної комп'ютерної програми «Udar 2.3». Слід зауважити, що дана програма дає можливість врахувати наявність сил тертя в місці контакту тіл. На рис. 2 подані деякі результати

виконаного обчислювального експерименту. На представленому полі результатів відображені переміщення кульок і траєкторії їхнього руху.



а



б

Рис. 2. – Схема розташування стебел: згідно схеми I (див. рис. 1): а – у момент удару; б – через проміжок часу T , с після удару

Проаналізувавши отримані результати, бачимо, що стрічка «розсіпається» на окремі стебла за дуже малий проміжок часу ($T \ll 1$ с) незалежно від відносного розташування стебел нижнього та верхнього шарів внаслідок впливу кулачка вони рухаються приблизно за однаковою траєкторією в напрямку руху стрічки транспортера, не заважаючи одне одному.

Враховуючи вищесказане, теоретичне дослідження процесу польоту стебла, який обумовлено впливом кулачків, виконаємо для одного окремого стебла.

Визначимо умови, за яких має місце підкидання стебел верхньою віткою паса. Нехай на верхній вітці паса, нахилений до горизонту на кут δ , лежать стебла (рис. 3). Пас приводиться в рух, і кожна його точка рухається паралельно до прямої $a_1 - a_1$, відхиленої від вертикалі на кут δ . Кут δ повинен бути меншим кута тертя, щоб

не допустити сповзання стебла з площини паса під дією складової сили тяжіння G'' , яка діє паралельно до вітки паса.

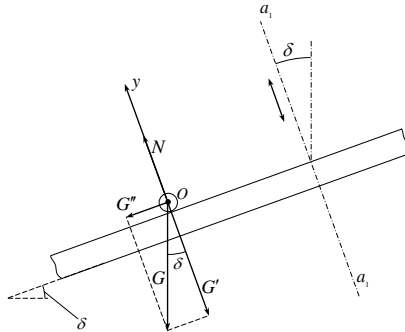


Рис. 3. – Схема для визначення умов відриву стебла від паса

Для розв’язку цієї задачі приймемо стебло за матеріальну точку і складемо диференціальне рівняння руху стебла в проекції на вісь Oy , яка паралельна прямій $a_1 - a_1$, причому починається вісь Oy в центрі стебла, а додатна її сторона направлена вгору:

$$m_c \ddot{y} = N - G', \tag{1}$$

де m_c – маса стебла, кг; \ddot{y} – прискорення стебла, м/с²; N – сила тиску паса на стебло, Н; G' – складова сили тяжіння стебла; $G' = G \cdot \cos \delta$, Н;

$$G = m_c g .$$

З урахуванням цього отримаємо: $m_c \ddot{y} = N - m_c g \cos \delta$, звідки:

$$N = m_c (\ddot{y} + g \cos \delta) .$$

В момент відриву стебла $N=0$. Тоді рівняння набуває вигляду $m_c \ddot{y} = 0 - m_c g \cos \delta$ або $0 = m_c (\ddot{y} + g \cos \delta)$, звідки маємо:

$$\ddot{y} = -g \cos \delta . \tag{2}$$

За такого значення прискорення відбувається відрив стебла від поверхні паса. Це означає, що відрив можливий, якщо стебло рухається з прискоренням, рівним $g \cos \delta$. Вектор прискорення направлений вниз (прискорення від’ємне).

В результаті виконаних теоретичних досліджень [2, 3] і виконання математичних перетворень отримана рівність, що встановлює зв’язок між параметрами механізму. З розв’язку цієї рівності отримано необхідне значення кутової швидкості обертання кулачка:

$$\omega = \sqrt{\frac{g \cos \delta_{max}}{l_{OA} \left[1 + \frac{\sin(\beta_0 - \alpha_0)}{\frac{L_0}{l_{OA}} + \sin \beta_0} \right] \cos \left[\beta_0 - \alpha_0 - \frac{\cos(\beta_0 - \alpha_0) - \cos \beta_0}{\frac{L_0}{l_{OA}} + \sin \beta_0} \right]}}, \quad (3)$$

де α_0 , β_0 , L_0 , l_{OA} – параметри кулачка [2].

За такої кутової швидкості обертання кулачка відрив стебла від поверхні паса відбуватиметься практично одночасно з ударом вершини кулачка по пасу.

За формулою (3) були проведені обрахунки за допомогою програми MathCAD 13 і побудовані графіки залежностей кутової швидкості обертання кулачків від їх геометричних параметрів і кута нахилу транспортера (рис. 3).

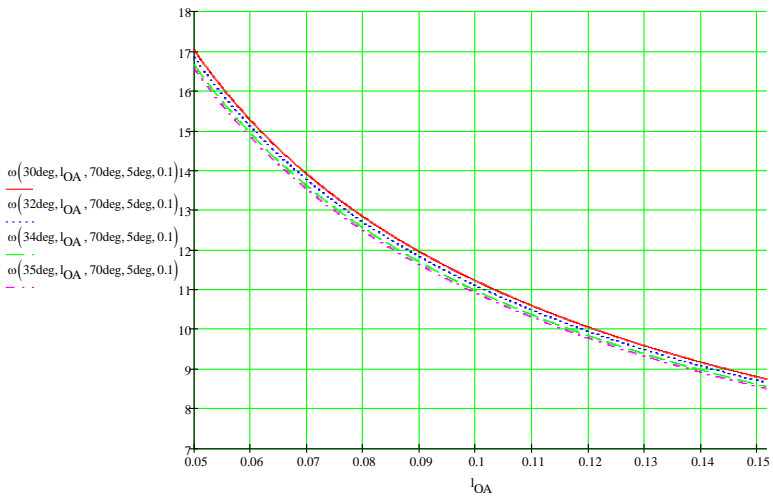


Рис. 3. – Графічні залежності кутової швидкості обертання кулачків від їх геометричних параметрів і кута нахилу транспортера при $\beta_0 = 60^\circ$; $\alpha_0 = 2^\circ$; $L_0 = 0,1$ м; b – при $\beta_0 = 70^\circ$; $\alpha_0 = 5^\circ$; $L_0 = 0,1$ м

Висновки. Аналіз отриманих графічних залежностей показав, що на потрібну величину кутової швидкості обертання кулачка найбільше впливає кут нахилу стрічки транспортера та співвідношення

величини радіуса кулачка і відстані від початку стрічки до місця контакту паса з першим кулачком. З іншого боку, при виборі кутової швидкості обертання кулачка необхідно її узгоджувати зі швидкістю транспортерної стрічки.

Оскільки швидкість стрічки транспортера в існуючих підбирачах становить 1,5-2,5 м/с, то, враховуючи отримані графічні залежності, бачимо, що для створення потрібного кінематичного режиму величину радіуса кулачка l_{0A} необхідно приймати в межах 0,05-0,10 м. Отримані залежності дозволяють коригувати параметри приводу та передавальних механізмів пристрою для підрівнювання стебел у стрічці льону.

Література

1. Хайлис Г.А. Механика растительных материалов/ Хайлис Г.А. – К.: УААН, 2002. – 374 с.
2. Хайлис Г.А. Об отгибе ветвей ремней транспортера льноподборщика под действием вращающихся кулачков / Г.А. Хайлис, М.С. Драган, В.С. Пуць // Науковий вісник Національного аграрного університету. – 2002. – №49. – С. 344-353.
3. Налобіна О.О. Дослідження процесу підрівнювання стрічки льону під час виконання операції її підбирання/ О.О. Налобіна, В.С. Пуць// Вісник національного університету водного господарства та природокористування: Зб. наук. праць. Технічні науки. – Рівне. – 2013. – Вип. 3(63). – С. 216–227.
4. Конохов В.Ю. Механико-технологические основы подбора и подравнивания стеблевой ленты: автореф. дисс. на соиск. науч. ст. канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Технологи и средства механизации сельского хозяйства» / В.Ю. Конохов. – М., 2007. – 24 с.
5. Налобіна О.О. Підрівнювальні пристрої льнозбиральних машин. Монографія/ О.О. Налобіна, В.С. Пуць, М.М. Толстушко. – Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2014. – 172 с.

Рецензент д.т.н., проф. О.О. Налобіна